

THESIS

MARBURG

1969

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Universität Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. H. Heuser

Über die Abhängigkeit der Paßgenauigkeit gegossener Kronenringe von den vorgegebenen Massen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Jürgen Knapp
aus Spalt

Marburg 1969

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Universität Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. H. Heuser

Über die Abhängigkeit der Paßgenauigkeit gegossener Kronenringe von den vorgegebenen Massen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Jürgen Knapp
aus Spalt

Marburg 1969

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am. 2. 6. 1969.....
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. P. Karlson.....

Referent: Prof. Dr. G. Janke.....

Correferent: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. habil. H. Heuser

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis.

- I. Einführung.
- II. Das Gußproblem.
 1. Die Grenzen der Präzision zahnärztlicher Gußtechnik.
 2. Kurzer Abriss der geschichtlichen Entwicklung des Gußverfahrens.
 3. Methoden zur Herstellung des Gußmodells.
 4. Die Kontraktion des Gußobjektes und die Versuche diese zu kompensieren.
 - a) Die Wachsexpansionsmethode.
 - b) Die Einbettmassenexpansion.
- III. Ergebnisse aus bisher vorliegenden Arbeiten.
- IV. Darstellung des Problems und der Methode der Untersuchung.
- V. Eigene Untersuchungen.
 1. Die Prüfkörper.
 2. Die Arbeitsgänge.
 - a) Das Abdruckverfahren.
 - b) Die Modellherstellung.
 - c) Die Gußform.
 - d) Der Guß.
- VI. Ergebnisse.
 1. Die Meßmethoden.
 2. Die Vorversuche.
 3. Die Hauptversuche 1.
 4. Die Hauptversuche 2.
 - a) Der Guß von Massiv- und Hohlzylindern.
 - b) Der Guß von Ringen mit unterschiedlichen Ansatzpunkten der Gußstifte.
- VII. Besprechung der Ergebnisse.
 1. Der Einfluß des Durchmessers auf die Paßgenauigkeit der in unseren Versuchen gegossenen Ringe.
 2. Der Einfluß der Höhe und der Wandstärke auf die Paßgenauigkeit der in unseren Versuchen gegossenen Ringe.
- VIII. Zusammenfassung.
- IX. Literaturverzeichnis.

I. Einführung:

Das Problem, defekte Zähne wiederherzustellen und fehlende Zähne durch festsitzende Konstruktionen dauerhaft zu ersetzen, ist durch die Entwicklung des zahnärztlichen Goldgußverfahrens bisher am besten gelöst worden. Die Erfahrung der täglichen Praxis lehrt, daß besonders oft nahezu parallellwandige Gußkronen nicht ganz auf den präparierten Zahn aufgesetzt werden können.

Auf Anregung von Herrn Professor Janke habe ich untersucht, ob die Paßgenauigkeit von der Form des Gußobjektes abhängt. Die Beobachtung, daß Kronen mit kleinen Durchmessern und dicken Wänden oft nicht so gut passen wie solche mit großen Durchmessern und dünnen Wänden, hat uns folgende Frage stellen lassen: Welche Faktoren können neben der linearen Kontraktion des Goldes die Paßgenauigkeit des Gußobjektes beeinflussen? Dazu haben wir Ringe, die den wesentlichen Teil von Gußkronen darstellen, gegossen und die Ergebnisse der Versuche an Hand theoretischer Überlegung zu deuten versucht.

II. Das Gußproblem:

1) Die Grenzen der Präzision zahnärztlicher Gußtechnik:

Die Zeitspanne für den Verbleib einer Gußfüllung oder Gußkrone wird im wesentlichen davon abhängen, ob an dem Trägerzahn eine Sekundärkaries auftritt und zur Entfernung des Gußobjektes bzw. des Zahnes zwingt. Die für klinische Zwecke notwendige Gußgenauigkeit wird nach DREYER-JÖRGENSEN dann erreicht, wenn der Spalt zwischen einem Zahn und dem Gußobjekt in einem Bereich von 20 u bis maximal 50 u liegt. Diese von ihm als Präzision des praktischen Zahnarztes bezeichnete Genauigkeit ist dann erreicht, wenn weder ein Spalt noch ein marginaler Überschuß bei visueller Begutachtung erkennbar und beim Abtasten mit spitzer Sonde fühlbar sind.

Unter diesen Voraussetzungen hält er die Entstehung einer Sekundärkaries für unwahrscheinlich. Das heißt, Inlays dürfen bis zu 100 u kleiner und Kronen bis zu 100 u im Durchmesser größer sein als die Kavität bzw. der Zahnstumpf.

WEIKART beschreibt die Möglichkeiten feinmechanischer Passungen. Dabei erklärt er die Begriffe der Spiel-, Übergangs- und Preßpassung. Als Mindestwert, damit zwischen einem Bolzen und einer Bohrung eine Spielpassung entsteht, nennt er den Wert von 4 - 10 u als Differenz der beiden Durchmesser. Weitere Versuche von WEIKART zeigen jedoch, daß die Viskosität des Befestigungszementes einen Spalt von mindestens 30 u rund um das Gußobjekt bedingt, da sonst der Zement nicht aus der Kavität bzw. der Krone abfließen kann.

Die Toleranz für unsere Güsse soll also zwischen einer Spaltbreite von mindestens 30 u und höchstens 50 u liegen. (WEIKART und DREYER-JÖRGENSEN)

2. Kurzer Abriß der geschichtlichen Entwicklung des Gußverfahrens:

1907 hat TAGGART seine neue Gußmethode und den von ihm konstruierten Gußapparat bekanntgegeben. Nach seinem Verfahren hergestellte Einlagen waren jedoch oft nicht ganz einwandfrei. Die nach dem Guß auftretende Schrumpfung, bedingt durch den für jedes Metall spezifischen Dehnungskoeffizienten, konnte TAGGART noch nicht ausgleichen. Alle seine Gußobjekte waren zu klein und die Spalten mußten mühsam durch Anfinieren der Ränder oder durch Goldpellets verschlossen werden. Erst zwanzig Jahre später gelang es durch die Expansionsgußmethode annähernd formgetreue Gußobjekte herzustellen. Diese Erfolge waren die Grundlage für die Herstellung von Vollgußkronen.

3. Methoden zur Herstellung des Gußmodells:

Die einfachste Methode zur Herstellung eines Gußmodells ist

die, weiches Wachs im Mund in eine Zahnkavität zu drücken und zu modellieren. Diese Wachsform wird dann an einem eingeschmolzenen Gußstift herausgenommen. Diese direkte Methode ist außer bei kleinen einflächigen Füllungen nicht ohne Schwierigkeiten durchführbar und daher überwiegend durch die indirekte Methode abgelöst worden.

Bei der indirekten Methode wird von der Kavität oder einem präparierten Stumpf ein Abdruck genommen. Dieser wird mit einem erhärtenden Material ausgefüllt. Das dadurch gewonnene Modell dient als Positiv zur Herstellung des Gußmodells. An dieser Stelle sei auf die Abdruckmethoden hingewiesen, wie die Kupferringtechnik unter Verwendung von Wachs, Kerr und Silikonmassen. In neuerer Zeit sind noch ein- und zweizeitige Methoden mit verschiedenen fließfähigen Abdruckmaterialien zur gleichzeitigen Abformung mehrerer Zähne entwickelt worden. Die Abdrücke füllt man mit möglichst harten Gipsen, Zementen, Kunstharzen oder Amalgamen aus. Zur Gewinnung genauer und harter Modelle versilbert oder verkupfert man die Abdrücke auf galvanischem Wege, bevor sie mit einem Modellmaterial ausgefüllt werden.

Die indirekte Methode hat den entscheidenden Vorteil, daß die Arbeit im Mund des Patienten auf die Abdrucknahme und das Einsetzen des fertigen Objektes beschränkt wird. Im weiteren Verlauf der Herstellung eines Gußobjektes, wird auf dem Modell eine Wachsform hergestellt, davon abgenommen und eingebettet. Der Arbeitsgang des Abnehmens und Einbettens birgt aber die Gefahr in sich, daß sich das Wachsmode'll, bedingt durch thermische oder mechanische Einflüsse, verzieht. SPRENG hat das Wachsmode'll durch seine halbindirekte Methode als Übertragungs-negativ ausgeschaltet. Er verwendet zum Ausgießen des Abdruckes an Stelle der gebräuchlichen Modellmaterialien die Einbettmasse selbst. Zum Guß bettet er das Einbettmassemode'll mit der Wachsform ein und hat die Sicherheit, daß die für die Paßgenauigkeit ausschlaggebenden Flächen unverändert bleiben. Da aber das Modell beim Ausbetten des Gußobjektes immer verloren ging, hat sich diese Methode nicht allgemein durchsetzen können. Es gibt aber inzwischen Einbettmassen, die so fest sind, daß sie

auch nach dem Guß noch erhalten bleiben und damit eine weitere Bearbeitung des Gußobjektes ermöglichen.

4) Die Kontraktion des Gußobjektes und die Versuche
diese zu kompensieren:

Das flüssige Edelmetall, das die Hohlform eines Gußkörpers ausfüllt, nimmt nach WAGNER in flüssigem Zustand vor der Erstarrung 5% mehr Raum ein als in heißfestem Zustand. Durch die Einbettung mit einem verlorenen Kopf soll dieser Schwund durch das Nachströmen von Schmelze ausgeglichen werden. Die Abkühlung des Gußstückes vom Soliduspunkt auf Raumtemperatur bedingt eine weitere lineare Schwindung von 1,5 - 1,7%, je nach Legierung.

a) Die Wachsexpansionsmethode:

Man versuchte zuerst die lineare Schrumpfung von ca. 1,5% durch die Wachsexpansionsmethode zu kompensieren. Dazu wurde das Wachsmoell zur Expansion um den gewünschten Wert in warmes Wasser gebracht. Nach BONSACK ist aber die Ausdehnung von Wachs nicht proportional der Temperaturerhöhung. Seine Messungen ergeben in Stufen zu 11 Grad Celsius gemessen von: 18° - 29° eine Ausdehnung des Wachses von 0,22 Volumen %, 29° - 40° eine Ausdehnung des Wachses von 0,42 Volumen %, 40° - 51° eine Ausdehnung des Wachses von 0,50 Volumen %. Dadurch entstehen ungleichmäßige Verziehungen der Form.

b) Die Einbettmassenexpansion:

Wegen der großen Unsicherheit der Wachsexpansionsmethode hat man diese verlassen und die Expansion der Einbettmassen zur Kompensation der Gußschwindung ausgenützt. Dabei treten zwei Arten der Expansion auf: 1. Die Abbindeexpansion und 2. die thermische Expansion. Einbettmassen für den zahnärztlichen Goldguß bestehen aus einem expandierenden Anteil bei der Vorwärmung auf 600 bis 700 Grad Celsius und einem Bindemittel. Die thermische Expansion erreicht man durch Quarz oder Cristobalit, während das Bindemittel aus Gips besteht. Bereits beim Abbinden der Einbettmasse kommt es zur Ausdehnung der Form.

Diese Abbindeexpansion ist vom Verhältnis von Gips zu der zum Anrühren verwendeten Wassermenge abhängig. Gibt man während der Abbindeung noch Wasser hinzu, wird die Abbindeexpansion weiterhin gesteigert. Man spricht dann von hygro-skopischer Expansion (SCHEU). BEEK hat allerdings nachgewiesen, daß die zugegebene Flüssigkeit nach einer Zeit von 30 Minuten, der durchschnittlichen Abbindezeit der Einbettmassen, nur in eine Tiefe von 2 bis 7 Millimeter vorzudringen vermag.

Der Wert der Gesamtexpansion, der durch die Abbindeung und das Vorwärmen der Gußmuffel auf ca. 700 Grad Celsius erreicht wird, liegt bei den heute gebräuchlichen Einbettmassen zwischen 1,5 und 1,7%, so daß man damit auskommt. Die thermische Expansion einer Einbettmasse wird ebenfalls durch das Verhältnis von Pulver zu Wasser beeinflusst. Je mehr das Verhältnis zu gunsten des Pulvers verschoben ist, um so größer wird die Expansion. Aus diesem Grund bedient man sich zum Anrühren des Vakuumrüttlers, zum Einbetten der Zentrifugalkraft oder man geht nach der Kerneinbettungsmethode vor. Die höchsten Expansionswerte konnten bisher durch die Schichtkerneinbettung von JANKE erzielt werden.

III. Ergebnisse aus bisher vorliegenden Arbeiten:

Von DABER wurde am Marburger Institut eine Versuchsreihe durchgeführt, bei der es um den Vergleich der Schichtkerneinbettmethode mit der normalen Kerneinbettung ging. Die Schichtkerneinbettmethode ergab die höchsten Expansionswerte. Eine ähnliche Fragestellung wie in der Arbeit DABER ist in den Arbeiten von BUDZINSKI und KÖNSGEN, beide in Marburg, enthalten. Sie sollen unter dem hier interessierenden Gesichtspunkt miteinander verglichen werden. Aus diesem Grund geben wir hier die Abmessungen der Prüfkörper und die Meßergebnisse wieder. DABER benutzt einen zylindrischen Prüfkörper mit dem Durchmesser von 8,11 mm, das entspricht einem Umfang von 25,48 mm und einer Seitenhöhe von 9 mm. Die Wandstärke der gegossenen Ringe betrug 1 Millimeter.

Innenumfang in 1/100 mm:

25,53	- 25,56	25,57	25,58	25,59	25,60	- 25,65
3		8	12	5		12

Anzahl der Güsse

Von 40 Güssen, die nach der Schichtkerneinbettmethode hergestellt wurden, waren 3 Ringe zu eng, 25 Ringe paßten gut und 12 Ringe waren zu groß.

Dissertation KÖNSGEN:

Prüfkörper:	schwach konischer Metallstumpf
Durchmesser:	7,96 mm
Höhe:	8 mm
Wandstärke des Gußringes:	1,5 mm

Innenumfang in 1/100 mm:

25,20	- 25,24	25,25	25,26	25,27	25,28	25,29
4		0	2	1	2	1

Anzahl der Güsse

Von 10 Güssen, die nach der Schichtkerneinbettmethode hergestellt wurden, waren 4 Ringe zu eng und 6 Ringe paßten gut.

Um die Ergebnisse klar erkennbar werden zu lassen, bringen wir die drei Arbeiten auf einen gemeinsamen Nenner und setzen sie in Relation zu den verschiedenen Wandstärken.

Als gemeinsamen Nenner bieten sich die 40 Ringe aus der Arbeit von DABER an. Danach wären von je 40 Ringen mit der

Wandstärke 0,6 mm:	2 Ringe zu eng, 24 gut passend, 14 zu weit
Wandstärke 1,0 mm:	3 Ringe zu eng, 25 gut passend, 12 zu weit
Wandstärke 1,5 mm:	16 Ringe zu eng, 24 gut passend, 0 zu weit.

Das heißt, daß mit zunehmender Wandstärke die Zahl der zu engen Ringe zunimmt und die Zahl der zu weiten Ringe abnimmt. HEIBACH hat die Abhängigkeit der Paßgenauigkeit vom Durchmesser beim Kronenringguß untersucht. Als Prüfkörper verwendete er drei zylindrische Metallstümpfe mit den Durchmessern 6,09 mm, 9,12 mm und 12,10 mm. Die Wandstärke war bei den gegossenen Ringen immer gleich und auf ca. 0,6 mm ausgelegt. Die Gußmodelle wurden durch wiederholtes Eintauchen der Prüfkörper in

flüssiges Wachs geformt. Nach der Schichtkerneinbettmethode wurden immer drei verschieden große Ringe auf einmal eingebettet und gegossen. Bei den Ringen, die auf die Prüfkörper aufgesetzt werden konnten, ermittelte HEIBACH eine Zunahme des Durchmessers um 65 u für die kleinen Ringe, eine solche um 40 u für die mittleren Ringe und eine solche um 20 u für die großen Ringe.

Im Vergleich zu unseren Werten ist die Differenz zwischen den einzelnen Ergebnissen recht groß. Sie dürfte durch die andersartige Arbeitsmethode beeinflusst worden sein. (Gewinnung der Wachsmodelle durch die Tauchtechnik!)

IV. Darstellung des Problems und der Methode der Untersuchung:

Bisher ist man immer davon ausgegangen, daß allein die während der Abkühlung vom Soliduspunkt auf die Umgebungstemperatur entstehende Kontraktion ausgeglichen werden muß, um genaue Güsse zu erreichen. Da diese Schwindung aber für ein und dasselbe Material konstant ist, stellen die Ergebnisse von HEIBACH und die eingangs erwähnte Beobachtung aus der täglichen Praxis, daß große und kleine Kronen eine unterschiedliche Paßgenauigkeit aufweisen, einen Widerspruch dar. Auch die Folgerung aus den anderen Arbeiten, die eine Abhängigkeit der Paßgenauigkeit von der Wandstärke beweisen, ist mit dem spezifischen Dehnungskoeffizienten nicht zu erklären.

Die Abkühlungsgeschwindigkeit ist nach dem NEWTONSCHEN Abkühlungsgesetz abhängig vom Verhältnis der Oberfläche zum Volumen einer Schmelze. Wir nehmen an, daß unterschiedliche Abkühlungsgeschwindigkeiten, die an miteinander vergleichbaren Gußobjekten auftreten können, die Ursache für veränderte Paßgenauigkeiten sind. Zur Untersuchung dieses Problems haben wir Kronenringe mit verschiedenen Durchmessern, Oberflächen und Volumina gegossen. Die Oberfläche und das Volumen eines gegossenen Kronenringes ist von dem Durchmesser, der Höhe und der Wandstärke eines solchen Ringes abhängig.

Um den Einfluß verschiedener Durchmesser auf die Paßgenauigkeit zu ermitteln, haben wir die Versuche mit drei verschieden starken Prüfkörpern durchgeführt. Die Durchmesser liegen bei den beiden Prüfkörpern 1 und 3 außerhalb der Werte, die in der Praxis üblich sind. Die Durchmesser wurden so gewählt, daß der Prüfkörper 1 dreimal so stark wie Prüfkörper 3 war.

Wie sich bei unseren Berechnungen ergab, hat die Höhe des Ringes, sofern sie über 2 mm liegt, keinen Einfluß auf eine etwaige mangelhafte Paßgenauigkeit. Deshalb haben wir unsere Versuche mit 8 mm bzw. 6 mm hohen Ringen, wie sie häufig in der Praxis gegossen werden, durchgeführt.

So wie die Höhe der Ringe unkritisch sein kann, ist auch die Wandstärke unkritisch, wenn diese unter 1 mm liegt. Aus diesem Grund haben wir für unsere Versuche eine Wandstärke von 1,3 mm für unsere Ringe gewählt. Da noch größere Wandstärken in der Praxis selten vorkommen, haben wir nach den Vor- und Hauptversuchen eine Versuchsreihe durchgeführt, um Extremwerte zu erhalten, in der wir Voll- bzw. Hohlzylinder in den Abmessungen unserer Prüfkörper gegossen haben.

Um die Ergebnisse unserer Versuche miteinander vergleichen zu können, haben wir die Arbeitsgänge zum Guß unserer Ringe so gut wie möglich genormt und damit viele Unsicherheitsfaktoren ausgeschlossen. Als größte Fehlerquelle haben wir das Wachsmo-
dell als Übertragungsnegativ umgangen (JANKE). Dazu haben wir die Methode von SPRENG benützt und die Abdrücke anstelle von Modellmaterial mit Einbettmasse ausgegossen. Auf diesen stabilen Positiven haben wir modelliert und gegossen. Vergleichbare Prüfergebnisse wurden weiterhin dadurch erreicht, daß in einem Arbeitsgang alle drei Prüfkörper auf einmal abgeformt, anschließend die drei Abdrücke gleichzeitig ausgegossen wurden und immer drei Gußringe zusammen in eine Muffel eingebettet waren. So waren die Versuchsbedingungen in einer Serie von drei verschieden großen Ringen immer gleich. Im einzelnen sollen nun die Arbeitsgänge und das dazu verwendete Material besprochen werden.

V. Eigene Untersuchungen:

1. Die Prüfkörper:

Zur Herstellung der Prüfkörper wurde aus einem 40 mm starken Rundstab aus Stahl eine 10 mm hohe Grundplatte abgedreht; eine 2 mm hohe und breite Stufe setzt die drei verschieden starken Konusse gegen die Grundplatte ab. Abbildung 1 zeigt die drei mit den Zahlen 1, 2 und 3 versehenen Prüfkörper.

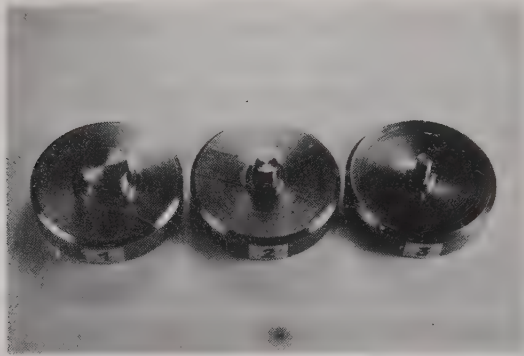


Abb. 1: Die Prüfkörper.

Die Prüfkörper sollen im allgemeinen in ihrer Form und Grösse stilisierte Zahnstümpfe wiedergeben, die für die Aufnahme von Gußkronen beschliffen sind. Wegen der besonderen Fragestellung wurden unsere Prüfkörper sowohl etwas kleiner als auch etwas größer als die normalerweise im Munde vorkommenden Stümpfe gewählt. Die Maße der Stümpfe oberhalb der Stufe sind:

	Stumpf 1	Stumpf 2	Stumpf 3
Durchmesser Oberkante:	12,205 mm	6,05 mm	3,955 mm
Umfang Oberkante:	38,36 mm	19,01 mm	12,43 mm
Durchmesser Unterkante:	12,29 mm	6,17 mm	4,12 mm
Umfang Unterkante:	38,59 mm	19,37 mm	12,94 mm
Höhe des Konus:	8,0 mm	8,0 mm	6,0 mm
Winkel des Konus gegen das Lot:	2,4°	3,4°	4,7°

2. Die Arbeitsgänge:

a) Das Abdruckverfahren:

Zur Abformung unserer Prüfkörper haben wir die Silikonabdruckmasse "Lastic 55" der Firma Kettenbach verwendet. Als Abdrucklöffel wurden Cavexplatten tiefgezogen, so daß zwischen Stumpfmodell und Löffelwand ein Abstand von 2 mm entstand. Das Abdruckmaterial wurde nach Gebrauchsanweisung verarbeitet. Drei Abdrucklöffel aus einer Serie wurden damit gleichzeitig gefüllt. Die Löffel wurden schnell nacheinander aufgesetzt; bis zum Abbinden des Materials wurde fünf Minuten gewartet. Wie die Untersuchungen von ILG zeigen, braucht die von uns verwendete Abdruckmasse eine Stunde, um eine Deformation wieder auszugleichen. Diese Zeit wurde von uns eingehalten, bis mit dem Ausgießen der Abdrücke begonnen wurde.

b) Die Modellherstellung:

Wie bereits erwähnt, wurden die Modelle aus Einbettmasse hergestellt. Die für unsere Versuche herangezogenen Fabrikate wurden nach Vorschrift des Herstellers angerührt. Eine Serie von Abdrücken wurde auf einmal ausgegossen. Anschließend verdichteten wir die Einbettmasse auf dem Rüttler und setzten in den Sockel eine Retention aus Stahldraht in Omega-Form ein. Im Verlauf unserer Versuche haben wir die Einbettmassen Aurovest "der Fa. Herbst, "Bayer Präzisionseinbettmasse Nr. 6519", "Die-Vestment" der Fa. Whip-Mix und "Duroterm" der Fa. Bayer sowie eine eigene Mischung aus "Bayer Präzisionseinbettmasse" und dem besonders harten Modellmaterial "Diamond-Die" der Fa. Surgident erprobt. Für unsere Versuche erwies sich die Einbettmasse "Die-Vestment", die auch als Modellmaterial benutzt werden kann, als günstigste Basis zur Verwendung als Modell und Gußkern. In der Abbildung 2 sind noch einmal die Prüfkörper mit den davon genommenen Abdrücken und den daraus geformten Einbettmassemodellen zu sehen.



Abb. 2: Die Prüfkörper, die Abdrücke und die Modelle.

c) Die Gußform:

Die Wachsmodellation bestand aus vier Lagen 0,3 mm starken Gußwachses der Fa. Herbst. Der große Ring wurde mit drei Gußstiften und die kleineren wurden mit je zwei Gußstiften von Bohrerstärke versehen. Die Wachsmodellation blieb auf den Einbettmassemodellen. Drei Ringe aus einer Serie wurden nun zusammen in eine Muffel mit "Duroterm" eingebettet. Wie bereits erwähnt, wandten wir diese Technik an, um eine unterschiedliche Temperaturführung beim Vorwärmen, Gießen und Abkühlen zu vermeiden. In Abhängigkeit von der verwendeten Einbettmasse für die Modelle wurde die Vorwärmtemperatur der Muffel im elektrisch beheizten Ofen eingestellt und für die vorgeschriebene Zeit eingehalten. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Wachsmodellation mit angesetzten Gußstiften und drei Wachsringe mit den Einbettmassemodellen zu einer Gußserie vereinigt.

d) Der Guß:

Für unsere Versuche benützten wir die Legierungen "Duallor" und "Degulor M" der Fa. Degussa. Das Metall wurde mit reduzierender Leuchtgasflamme geschmolzen und der Guß auf einer Degussa-Tiegelschleuder ausgeführt. Zum Guß wurde ausschließlich neue Legierung verbraucht und bis zur Abkühlung der Schmelze auf Raumtemperatur mit dem Ausbetten gewartet.



Abb. 3 : Die Wachsmodellation mit Gußstiften versehen.



Abb. 4 : Eine Gußserie fertig zum Einbetten.

VI. Ergebnisse:

1. Die Meßmethoden:

Neben den subjektiven Werten, die sich aus dem Aufsetzen der gegossenen Ringe auf die Prüfkörper ergeben haben, konnten wir objektiv vergleichbare Meßwerte mit einem Meßmikroskop der Firma Leitz ermitteln. Zusätzlich haben wir mit einem Innenmikrometer die Messungen wiederholt. Bei den kleinen Ringen war dies nicht möglich, da der Meßbereich des Mikrometers erst bei 5 mm beginnt. In Abbildung 5 sind drei Ringe auf die Prüfkörper aufgesetzt. Man kann erkennen, daß die Ringe auf Prüfkörper 2 und 3 nicht bis auf die Stufe aufgeschoben werden konnten.



Abb. 5 : Drei Gußserien auf die Prüfkörper aufgesetzt.

2. Die Vorversuche:

In den Vorversuchen wurden alle zur Verfügung stehenden Materialien erprobt. Nachdem sich die oben beschriebene Abdruckmethode als einfach und sicher erwiesen hatte, wurden Gußserien nach der bisher beschriebenen Methode unter Verwendung verschiedener Einbettmassen als Modellmaterialien hergestellt. Die Meßergebnisse sind in der Tabelle 1 eingetragen worden. Für unsere Versuche erwiesen sich die Einbettmassen "Aurovest" und "Die-Vestment" wegen ihrer hohen Ex-

pansionswerte und Härte als besonders geeignet. Das Modellmaterial "Diamond Die" wurde durch einen Zusatz von Einbettmasse sowohl als Modell- als auch als Einbettmasse verwendbar. Durch die Beimengung von Einbettmasse ging aber ein großer Teil der Härte, die das Material auszeichnet, verloren. Wie die Meßwerte ergeben, reicht auch die Expansion dieser Mischung nicht aus, um präzise passende Gußobjekte herzustellen.

Tabelle 1 : Vorversuche

Gußmetall : Duallor

Spalte 1 : Meßwerte wurden mit dem Meßmikroskop ermittelt.

Spalte 2 : Meßwerte wurden mit dem Innenmikrometer ermittelt.

	großer Ring		mittlerer Ring		kleiner Ring	
	1	2	1	2	1	2

Prüfkörper						
Durchmesser						
über der Stufe:	12,29		6,17		4,12	mm
1. Duroterm 3:1	12,285	12,31	6,21	6,20	4,15	- mm
2. Eig.Mischung	12,305	12,25	6,195	6,18	4,06	- mm
3. Bayer Nr.6519	12,28	12,28	6,21	6,195	4,165	- mm
4. Aurovest	12,31	12,30	6,11	6,14	4,135	- mm
5. Die-Vestment	12,395	12,38	6,21	6,25	4,245	- mm

Differenz von

Prüfkörper

zu Versuch 1.	-0,005	+0,02	+0,04	+0,03	+0,03	- mm
zu Versuch 2.	+0,015	+0,04	+0,025	+0,01	-0,06	- mm
zu Versuch 3.	-0,01	-0,01	+0,04	+0,025	+0,045	- mm
zu Versuch 4.	+0,02	+0,01	-0,06	-0,03	+0,015	- mm
zu Versuch 5.	+0,105	+0,09	+0,04	+0,08	+0,125	- mm

Die Vorversuche haben ergeben, daß nur bei den Einbettmassen Aurovest und Die-Vestment eine Expansion vorhanden war, die ein Aufsetzen auf den Prüfkörper ermöglichte. Die Meßwerte sind auch für Aurovest ungünstig, jedoch konnten die Ringe wenigstens zum Teil auf die Prüfkörper aufgesetzt werden. Bei den Versuchen 1 bis 4 liegt eine so geringe Erweiterung der Ringe gegenüber dem Prüfkörper vor, daß nur acht von zwölf um 10 u größer sind und in Form einer Spielpassung aufgesetzt werden könnten. Die Differenzen, die sich zwischen den Messungen mit dem Meßmikroskop und dem Innenmikrometer ergeben haben, sind zum Teil durch die individuelle Handhabung der Mikrometerschraube, zum Teil durch eine ungleichmäßige Rundung unserer Ringe bedingt. Die Verziehnngen der Ringe ist bei den Messungen mit dem Innenmikrometer aufgefallen, da hiermit schnell viele Durchmesser bestimmt werden konnten. Wir konnten feststellen, daß der Durchmesser, der die Gußstifte miteinander verbindet, kürzer war als der, der darauf senkrecht stand. Diese Beobachtung erklärt auch, warum viele Ringe, die nach ihren Meßwerten beurteilt passen müßten, nicht auf die Prüfkörper aufgesetzt werden konnten.

3. Hauptversuche

Für die Hauptversuche haben wir eine Serie von Ringen mit der Einbettmasse Aurovest und acht Serien mit der Einbettmasse Die-Vestment hergestellt. Die gegossenen Ringe konnten alle auf die Prüfkörper aufgesetzt werden und nur wenige klemmten oberhalb der Stufe auf dem Konus. Die Versuche 1, 2 und 3 wurden in Duallor gegossen und die Versuche 4, 5, 6, 7, 8 und 9 in Degulor M. Die Tabelle 2 gibt die Meßwerte dieser Versuche und die Differenz des Durchmessers der Ringe von den Durchmessern der Prüfkörper wieder.

Tabelle 2 : Hauptversuche

Gußmetall : Für die Versuche 1, 2 und 3 Dualloy.

Gußmetall : Für die Versuche 4 bis 9 Degulor M.

Spalte 1 : Meßwerte wurden mit dem Meßmikroskop ermittelt.

Spalte 2 : Meßwerte wurden mit dem Innenmikrometer ermittelt.

	großer Ring		mittlerer Ring		kleiner Ring	
	1	2	1	2	1	2

Prüfkörper Durch-						
messer über der						
Stufe:	12,29		6,17		4,12	mm
1. Aurovest	12,35	12,37	6,215	6,21	4,195	- mm
2. Die-Vestment	12,305	12,30	6,235	6,24	4,16	- mm
3. Die-Vestment	12,37	12,31	6,13	6,14	4,115	- mm
4. Die-Vestment	12,42	12,59	6,26	6,23	4,125	- mm
5. Die-Vestment	12,25	12,29	6,17	6,18	4,12	- mm
6. Die-Vestment	12,38	12,39	6,215	6,21	4,19	- mm
7. Die-Vestment	12,41	12,41	6,27	6,25	4,15	- mm
8. Die-Vestment	12,38	12,38	6,235	6,21	4,19	- mm
9. Die-Vestment	12,36	12,27	6,25	6,25	4,19	- mm

Differenz von

Prüfkörper zu

Versuch 1.	+0,04	+0,08	+0,045	+0,04	+0,075	- mm
Versuch 2.	+0,015	+0,01	+0,065	+0,07	+0,04	- mm
Versuch 3.	+0,08	+0,02	-0,04	-0,03	-0,005	- mm
Versuch 4.	+0,13	+0,3	+0,09	+0,06	+0,005	- mm
Versuch 5.	-0,04	+0	+0	+0,01	+0	- mm
Versuch 6.	+0,09	+0,1	+0,045	+0,04	+0,07	- mm
Versuch 7.	+0,12	+0,12	+0,1	+0,08	+0,03	- mm
Versuch 8.	+0,09	+0,09	+0,065	+0,04	+0,07	- mm
Versuch 9.	+0,07	-0,02	+0,08	+0,08	+0,07	- mm

Die Verziehungen der Ringe konnten auch in den Hauptversuchen festgestellt werden. Wir nehmen an, daß daran die Verdickungen an den Ansatzstellen der Gußstifte schuld sind. Wie in der nachfolgenden Besprechung der Ergebnisse zu sehen ist, ergeben die Meßwerte aus den Tabellen 1 und 2 Aufschluß über die Abhängigkeit der Paßgenauigkeit vom Durchmesser und der Höhe der Ringe. Der Einfluß der Wandstärke wurde in einer weiteren Versuchsreihe geprüft. Im Rahmen dieser Versuche haben wir auch drei Serien von Ringen gegossen, die mit unterschiedlichen Ansatzpunkten der Gußstifte versehen waren. Darunter befand sich auch eine Serie von Ringen mit Deckeln. Damit wollten wir untersuchen, ob unsere Vermutung stimmt, daß die Verdickungen an den Ansatzstellen der Gußstifte die Ursache für die Verziehungen der Ringe waren.

3. Hauptversuch 2

a) Der Guß von Massiv- und Hohlzylindern:

Wie oben bereits erwähnt, ist die Abkühlungsgeschwindigkeit eines Gußobjektes vom Verhältnis der Oberfläche zu dem davon eingeschlossenen Volumen abhängig. Zur Überprüfung unserer Vermutung, daß die Abkühlungsgeschwindigkeit einen Einfluß auf die Paßgenauigkeit unserer Güsse hat, haben wir in den Ausmaßen unserer Prüfkörper Massiv- bzw. Hohlzylinder gegossen, da bei diesen Gußobjekten das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen am unterschiedlichsten ist.

Zu diesem Zweck wurden zwei Serien von Abdrücken unserer Prüfkörper mit Einbettmasse genommen. In die erste Serie dieser Einbettmassehohlform haben wir nach dem Einbetten und Vorwärmen die Legierung Degulor M gegossen, genau nach den Versuchsbedingungen unserer vorangegangenen Versuche. In die zweite Serie setzten wir Einbettmassekerne so ein, daß ein gleichmäßiger Spalt von 1,3 mm entstand. Diese Hohlräume haben wir ebenfalls mit Degulor M in der gleichen Weise wie bei der ersten Serie ausgegossen. Bei diesen Versuchsserien wurden die Durchmesser der Oberkannten der Prüfkörper und der Güsse vermessen. Die Tabelle 3 gibt die Werte dieser Versuchsgüsse wieder.

Tabelle 3 :

Gußmetall : Degulor M

großer Stumpf mittlerer Stumpf kleiner Stumpf

Prüfkörper

Durchmesser

Oberkante 12,15 5,98 3,98 mm

1.Vollzylinder 12,04 5,935 3,975 mm

2.Hohlzylinder 12,07 5,955 3,99 mm

Differenz von

Prüfkörper zu

1.Vollzylinder -0,11 -0,045 -0,005 mm

2.Hohlzylinder -0,08 -0,025 +0,01 mm

Die Schrumpfung

beträgt von Prüf-

körper

zu Versuch 1. 0,91% 0,75% 0,12%

zu Versuch 2. 0,71% 0,41% 0,25%

Das Verhältnis von

Oberfläche zu Volumen

für den Massivzylinder:

$$\frac{0,41}{1}$$

$$\frac{0,58}{1}$$

$$\frac{0,83}{1}$$

für den

Hohlzylinder: $\frac{1,78}{1}$

$$\frac{1,78}{1}$$

$$\frac{1,86}{1}$$

Die Werte zeigen, daß bei einer Verschiebung des Verhältnisses Oberfläche zu Volumen zugunsten des Volumens, 1. eine Annäherung an den Wert $\frac{3}{\pi}$, der für die Kugel gilt, erreicht wird, und 2. eine stärkere Gußkontraktion eintritt.

Bleibt dagegen das Volumen bei großer Oberfläche klein, wie bei den Hohlzylindern, so tritt eine wesentlich geringere Kontraktion ein.

b) Der Guß von Ringen mit unterschiedlichen Ansatzpunkten der Gußstifte: _____

In dieser Versuchsreihe wurden drei Serien von Güssen mit verkürzter Höhe der Prüfkörper 1 und 2 durchgeführt, um die gleichmäßige bzw. ungleichmäßige Rundung der Ringe mit dem Innenmikrometer nachprüfen zu können. Die Serie 1 wurde mit normal angesetzten Gußstiften gegossen, wie es in den Hauptversuchen beschrieben wurde. Die zweite Serie wurde mit horizontal angesetzten Gußstiften gegossen, wie die Abbildung 6 zeigt.



Abb. 6 : Drei Ringe mit tangential angesetzten Gußstiften sind auf die Prüfkörper aufgesetzt.

Die Ringe der Serie 3 wurden mit einem Deckel versehen und hatten damit die stilisierte Form unserer Gußkronen.

Wie erwartet, waren die Güsse der Serie 1 wieder verzogen wie in allen anderen Versuchen. Die Ringe aus der Serie 2 waren rund und paßten bis auf den zu Prüfkörper 1 gehörenden Ring. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, war die Ansatzstelle des Gußstiftes an diesem Ring besonders groß. Wir glauben, daß die Verdickung an dieser Ansatzfläche für eine größere Kontraktion dieses Ringes verantwortlich zu machen ist. Die Ringe mit Deckel waren ebenfalls rund und paßten gut auf die Prüfkörper. In der Tabelle 4 sind die Meßergebnisse dieser drei Gußserien angegeben. Auf die Meßwerte, die mit dem Innenmikrometer ermittelt wurden, konnten wir in dieser Tabelle verzichten, da sie mit den Werten des Meßmikroskopes übereinstimmen

Tabelle 4 :

Gußmetall : Degulor M

Die Meßwerte wurden mit dem Meßmikroskop ermittelt.

großer Stumpf mittlerer Stumpf kleiner Stumpf

Prüfkörper;

Durchmesser

über der Stufe	12,29	6,17	4,12 mm
1.Gußstifte normal	12,40	6,255	4,215 mm
2.Ring mit 1 Gußst.	12,27	6,26	4,16 mm
3.Ring mit Deckel	12,36	6,25	4,19 mm

Differenz von

Prüfkörper zu

Versuch 1.	+0,11	+0,085	+0,095 mm
Versuch 2.	-0,02	+0,09	+0,04 mm
Versuch 3.	+0,07	+0,08	+0,07 mm

VII. Besprechung der Ergebnisse:

1. Der Einfluß des Durchmessers der in unseren Versuchen gegossenen Ringe:

Zur Beurteilung der Frage, ob der Durchmesser eines gegossenen Ringes einen Einfluß auf dessen Paßgenauigkeit hat, stehen uns die Ergebnisse aus den Vor- und Hauptversuchen, wie sie in den Tabellen 1 und 2 aufgezeichnet sind, zur Verfügung. Die Mittelwerte aus den Differenzen zwischen Prüfkörpern und Ringen betragen

für die Vorversuche:

großer Ring	mittlerer Ring	kleiner Ring
+0,025 mm	+0,017 mm	+0,031 mm

für die Hauptversuche:

großer Ring	mittlerer Ring	kleiner Ring
+0,07 mm	+0,05 mm	+0,04 mm

Diese Werte lassen klar erkennen, daß die verschiedenen Einbettmassen, die in den Vorversuchen verwendet wurden, eine geringere Expansion der Gußform verursachten und damit zu Güssen führten, die im Durchschnitt nur eine Preßpassung zum Prüfkörper erreichten.

In den Hauptversuchen sind im Bezug auf den zugehörigen Prüfkörper die großen Ringe größer als die mittleren und diese größer als die kleinen Ringe ausgefallen. Das erklärt, warum die kleinen Ringe oft schlechter auf den Prüfkörper aufgesetzt werden konnten als die größeren. Beziehen wir diese Werte auf die Forderungen von WEIKART und DREYER-JÜRGENSEN, so ergibt sich, daß die Ringe mit dem großen und dem mittleren Durchmesser eine gerade ausreichende Vergrößerung des Durchmessers aufweisen, damit ein zirkulärer Zementspalt von 30 u entsteht.

Für die kleinen Ringe erscheint der Spalt von zirkulär 20 u als etwas klein.

Eine Spaltbreite von zirkulär 50 u wurde bei 27 Ringen nur zweimal überschritten, sodaß die Forderung von DREYER-JÖRGENSEN im wesentlichen erfüllt wurde.

Beziehen wir nun diese durchschnittlichen Vergrößerungen der Ringe auf den dazugehörenden Durchmesser, so ergibt sich eine prozentuale Erweiterung um:

0,5 % bei den großen Ringen,

0,8 % bei den mittleren Ringen und

1,0 % bei den kleinen Ringen.

Es zeigt sich also, daß einer tatsächlichen Erweiterung von 0,07 mm eine prozentuale Erweiterung von 0,5 % bei den großen Ringen und einer tatsächlichen Erweiterung von 0,04 mm eine prozentuale Erweiterung von 1,0 % bei den kleinen Ringen entspricht. Dieses unerwartete Ergebnis erklärt, warum die kleinen Ringe schlechter passen als die großen, obwohl der Ausgleich der Gußkontraktion durch die Einbettmasse zu einer stärkeren prozentualen Erweiterung der Ringe geführt hatte. Wodurch kommt nun diese schlechtere Paßgenauigkeit zustande ? Im Durchschnitt betrugen die Spaltbreiten bei unseren Versuchen 0,07 mm, 0,05 mm und 0,04 mm. Nur bei den mittleren und großen Ringen wurden Übergrößen der Ringe von mehr als 0,04 mm, die nach WEIKART für eine Spielpassung notwendig sind, erreicht. Daher ist ein exaktes Aufsetzen der kleinen Kronen seltener möglich.

2. Der Einfluß der Höhe und der Wandstärke der in unseren Versuchen gegossenen Ringe und Massivzylinder:

Die Schrumpfung eines bereits fest gewordenen Gußobjektes, bedingt durch den spezifischen Dehnungskoeffizienten, ist nicht von dessen Form, wie z.B. in unseren Versuchen vom Durchmesser Ringe, abhängig.

Unsere Meßergebnisse sprechen aber für eine unterschiedliche Kontraktion unserer Versuchsgüsse. Wir nehmen daher an, daß sich in einer Schmelze während der Abkühlung vom flüssigen Zustand bis zum heiß-festen Zustand bei Erreichen der Solidustemperatur ein Kristallgitter bildet, das eine unterschiedliche Kontraktion bedingt.

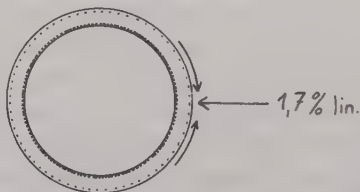
Wir wollen die Abkühlung eines Gusses in vier Phasen einteilen und die Bewegungen der einzelnen Moleküle verfolgen.

1. Phase:

Flüssiges Metall wird in eine Hohlform gegossen. An den Wänden wird Wärme an die Einbettmasse abgegeben. Die Rauigkeiten an den Wänden führen zur Bildung zahlreicher Kristallisationszentren in der Schmelze.

2. Phase:

Schaubild 1:



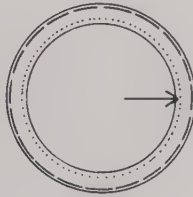
Wenn sich die Moleküle zu einem Kristall zusammenlagern, erfolgt eine Volumenverkleinerung um 5 %. Die lineare Kontraktion beträgt somit 1,7 %. Um diesen Betrag rücken die Kristallisationszentren aufeinander zu, wenn keine flüssige Schmelze mehr nachfließt. Der Außenumfang wird kleiner, der Innenumfang bleibt bestehen, da er durch die innen liegende Einbettmasseform gestützt wird. Siehe auch Schaubild 1.

3. Phase:

Da sich bekanntlich der Guß im Verhältnis der Oberfläche zum Volumen abkühlt, gibt die Außenwand schneller Wärme an die umgebende Einbettmasse ab als die Innenwand.

Die Außenwand wird in sich eher fest, und die nach innen gelegenen Kristallisationskeime, die sich noch in der breiigen Phase befinden, scheiden sich am starren äußeren Ring ab.

Schaubild 2:



Ist der Soliduspunkt erreicht, so setzt die nächste Phase der Abkühlung ein.

4. Phase:

Als letzte Phase erfolgt nun die Abkühlung des in sich festen Gußgefüges vom Soliduspunkt bis auf Umgebungstemperatur unter der Kontraktion um den Betrag des spezifischen Dehnungskoeffizienten.

Wenn diese Vorgänge tatsächlich in einer Schmelze ablaufen, so kann damit die stärkere Kontraktion der Ringe mit großem Durchmesser erklärt werden. Je größer der Durchmesser eines ringförmigen Gußobjektes, um so größer ist auch das Volumen der Einbettmasse an der Innenseite des Gußes und um so mehr Wärme kann nach innen abgegeben werden. Dadurch wird innen schneller ein fester Ring aus einzelnen Kristallen gebildet, die sich nicht mehr nach außen bewegen können. Für das fehlende Volumen entstehen mikrofeine Lunker. Die Gußkontraktion hängt also einmal von der spezifischen Kontraktion des Metalls, zum anderen von dem Verhältnis der Oberfläche zum Volumen ab.

Für das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen ergibt sich folgende Abhängigkeit:

$$\frac{O}{V} = \frac{2\pi r h + 2\pi r_1 h + 2\pi r^2 - 2\pi r_1^2}{\pi r^2 h - \pi r_1^2 h}$$

$$\frac{O}{V} = \frac{2\pi h (r + r_1)}{\pi h (r + r_1)(r - r_1)} + \frac{2\pi (r^2 - r_1^2)}{\pi h (r^2 - r_1^2)}$$

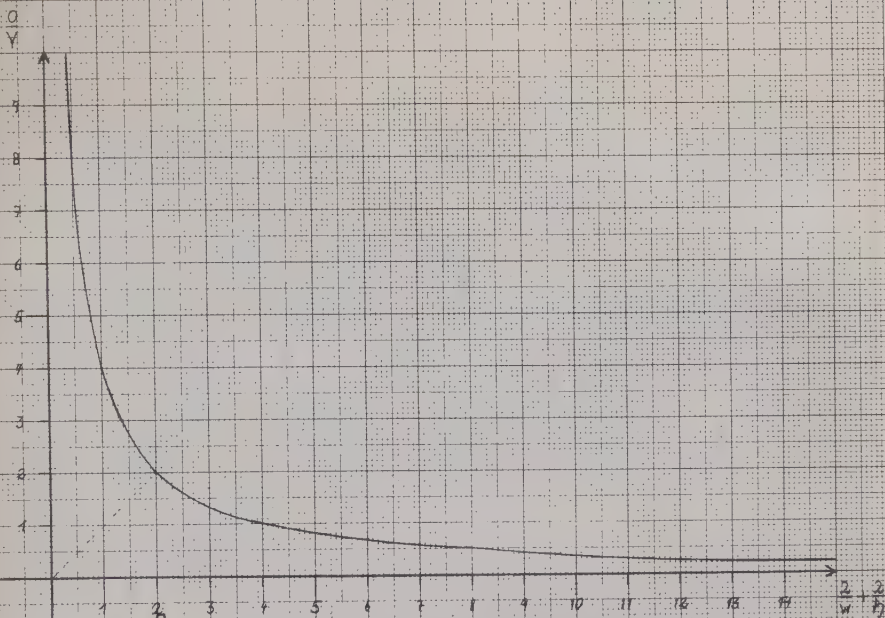
$$\frac{O}{V} = \frac{2}{r - r_1} + \frac{2}{h} \quad r - r_1 = w$$

$$\frac{O}{V} = \frac{2}{w} + \frac{2}{h}$$

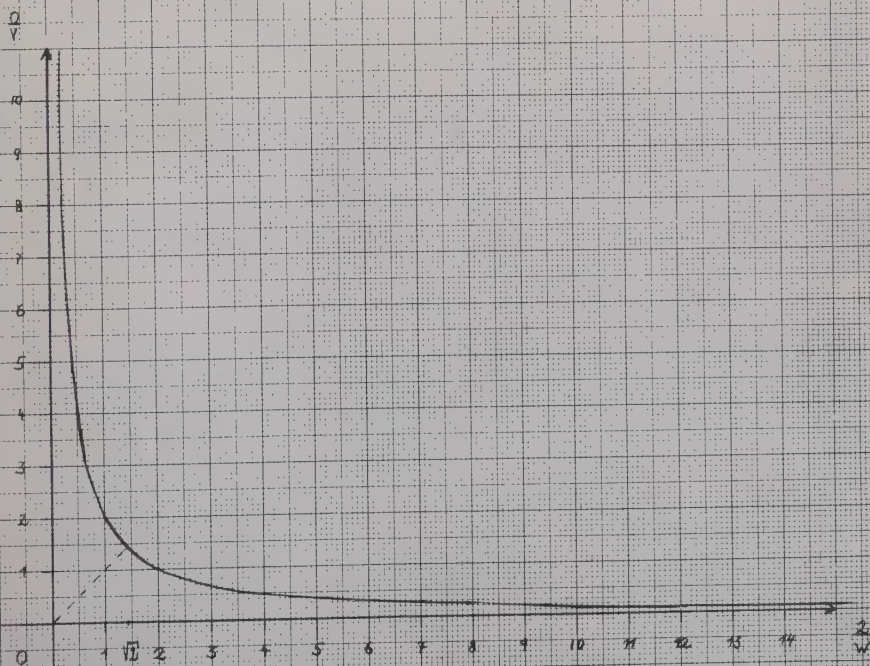
Das heißt, daß das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen von der Wandstärke und der Höhe des Ringes abhängig ist. Das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen bestimmt aber nach dem Newtonschen Abkühlungsgesetz auch die Abkühlungsgeschwindigkeit. Die Abkühlungsgeschwindigkeit hängt also von der Wandstärke und der Höhe des Gußobjektes ab. In der folgenden graphischen Darstellung ist diese Abhängigkeit anschaulich gemacht worden.

Der Scheitelpunkt dieser Kurve liegt bei dem Wert von $\sqrt{4}$. Liegt der Wert für die Höhe des Ringes über $\sqrt{2}$, so ist dieser fast völlig zu vernachlässigen, sodaß dann $\frac{O}{V}$ fast nur noch von der Wandstärke abhängt.

Diese Abhängigkeit haben wir in der zweiten Graphik dargestellt. Der Scheitelpunkt liegt dann bei einer kritischen Wandstärke von $\sqrt{2}$. Wird diese Wandstärke überschritten, so nimmt das Volumen bei fast unverändert großer Oberfläche stark zu. Das bedeutet, daß nach innen die Wärme schlechter abfließen kann und sich innen kein stabiler Ring von Kristallen bilden kann. Dadurch entsteht eine stärkere Schrumpfung.



Die Kurve gibt die Abhängigkeit des Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen von der Wandstärke und der Höhe der Gußringe wieder.



Die Kurve gibt die Abhängigkeit des Verhältnisses O/V von der Wandstärke der Gußringe wieder.

Zur Überprüfung dieser Annahme haben wir den Hauptversuch 2 mit dem Guß von Massiv- bzw. Hohlzylindern durchgeführt. Die Meßergebnisse aus der Tabelle 3 lassen erkennen, daß die Massivzylinder eine wesentlich stärkere Kontraktion als die Hohlzylinder aufweisen, und daß diese Kontraktion mit kleiner werdender Oberfläche bei gleichem Volumen zunimmt. Auf unsere Gußobjekte in der täglichen Praxis bezogen, bedeutet das, daß die Wandstärke und der Durchmesser einer Gußkrone einen Einfluß auf die Paßgenauigkeit des Gußes haben, nicht aber deren Höhe.

Zusammenfassung:

Die Aufgabe der Arbeit war es festzustellen, ob die Abmessungen eines Zahnärztlichen Gußobjektes einen Einfluß auf die Paßgenauigkeit haben. Eine solche Abhängigkeit konnte festgestellt werden. Unsere Ergebnisse sprechen dafür, daß neben der Kontraktion, bedingt durch den spezifischen Dehnungskoeffizienten, noch die Volumenabnahme um 5 % während der Erstarrung einen Einfluß auf die Paßgenauigkeit hat.

Die Erstarrung einer Schmelze ist in ihrer Richtung und Geschwindigkeit vom Verhältnis der Oberfläche zum abzukühlenden Volumen abhängig. Beide sind in unseren Versuchen von der Wandstärke und der Höhe des Gußobjektes abhängig. Da aber die Höhe bei unseren Güssen gewöhnlich über 2 mm liegt, fällt dieser Wert nicht ins Gewicht. Der Grenzwert für die Wandstärke liegt bei 1 mm und darüber. In diesem Bereich wird das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen stark zugunsten des Volumens verschoben, sodaß eine Verzögerung der Abkühlung der Innenwand angenommen werden muß.

Unsere Versuchsergebnisse sprechen außerdem für einen Einfluß des Durchmessers auf die Paßgenauigkeit. Die Beobachtung aus der täglichen Praxis, daß kleine Kronen oft schlechter passen als große, traf auch bei unseren Versuchsgüssen für die unterschiedlich großen Ringe zu. Der Spalt zwischen Prüfkörper und Ring betrug im Durchschnitt bei den großen Ringen 0,07 mm, bei den mittleren Ringen 0,05 mm und bei den kleinen Ringen 0,04 mm. Wir haben also bei den kleinen Ringen gerade noch den untersten Wert für das Zustandekommen einer Spielpassung erreicht. Beziehen wir aber nun diese Spaltbreiten auf den Durchmesser der Prüfkörper, so bedeutet der Spalt von 0,07 mm eine Erweiterung um 0,5 %, der Spalt von 0,05 mm eine Erweiterung um 0,8 % und der Spalt von 0,04 mm eine Erweiterung um 1,0 %. Die Kompensation der Schrumpfung eines Gußobjektes durch die Einbettmasse ist also bei den kleineren Durchmessern wirksamer als bei größeren. Dies glauben wir dadurch erklären zu können, daß während der Abkühlung vom flüssigen bis zum

festen Zustand durch verschiedene Abkühlungsgeschwindigkeiten an der Außen- bzw. Innenseite der Ringe, bedingt durch die verschiedenen Einbettmassenvolumina unterschiedliche Abkühlungszonen entstehen. Die Entstehung dieser Abkühlungszonen bestimmt die Schrumpfungstendenz bis zur Erstarrung. Danach setzt die spezifische Schrumpfung ein, die auf unsere Beobachtung keinen Einfluß mehr hat.

Literaturverzeichnis.

1. Beek Prüfungsergebnisse zahnärztlicher
Gußverfahren und ihre praktische
Anwendung.
D.Z.Z. 1958 H. 8 Seite 470
2. Bonsack Der heutige Stand des Gußproblems.
D.Z.Z. 1953 H. 1 Seite 5
3. Budzinski Vergleichende Untersuchungen über
die Einbettmassemodelle und die Paß-
form von ringförmigen Gußobjekten
hergestellt nach der Wachsabdruck-
Einbettmasse-Modellguß-Methode und
der Zentrifugiermethode.
Dissertation Marburg 1955
4. Daber Die Anwendung der Kupferring-Wachs-
abdruck-Methode zur Herstellung von
Präzisionsgüssen in der zahnärztlichen
Prothetik.
Dissertation Marburg 1955
5. Degussa Degussabrief Nr. 38 Jahrgang 1966
6. Dreyer-Jørgensen Prüfungsergebnisse zahnärztlicher
Gußverfahren.
D.Z.Z. 1958 H. 8 Seite 461
7. Gehre Beitrag zur Entwicklung verbesserter
Einbettmassen für den Guß von Dental-
edelmetalllegierungen unter besonderer
Berücksichtigung der Vakuumeinbettung.
Deutsche Stomatologie 1966 H. 4 Seite 254
8. Heibach Zur Frage der Abhängigkeit der Er-
starrungskontraktion von der Form beim
Kronenringguß.
Dissertation Marburg 1959

9. Ilg Untersuchungen zum Dimensionsverhalten
der Silikonabdruckmassen.
D.Z.Z. 1958 H. 23 Seite 1377-1385
10. Janke Sichere Präzisionsgüsse mit einfachen
Mitteln hergestellt.
Das Dentallabor 1953 H. 4 Seite 5
11. Janke Ein neues laborgerechtes Verfahren für
den Präzisionsguß von Edelmetallen.
D.D.Z. 1966 H. 13 Seite 413-421
12. Könsgen Die Paßgenauigkeit von Gußbringen bei der
Vakuumeinbettung.
Dissertation Marburg 1956
13. Loebich Der Lunker und seine Vermeidung.(Daraus:
Über das Newtonsche Abkühlungsgesetz.)
D.Z.Z. 1953 H. 1 Seite 1037-1042
14. Price zitiert nach Bonsack
Der heutige Stand des Gußproblems.
D.Z.Z. 1953 H. 1 Seite 5
15. Reiter Neue Versuche zur Gußtechnik und ihre
Auswertung.
D.Z.Z. 1965 H. 11 Seite 1252
16. Spreng Eine indirekte Goldinlaymethode.
Schweizerische Monatsschrift für Zahnheil-
kunde 1929 H. 11 Seite 641
17. Taggart Ist ein modellgetreuer Metallguß möglich?
Zahnärztliche Praxis Nr. VI/22 1955 S. 9
18. Wagner Kapitel Edelmetalle in
Eichner: Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe
und ihrer Verarbeitung.
Berlinische Verlagsanstalt Berlin West 1967
19. Weikart Werkstoffkunde für Zahnärzte.
C. Hanser Verlag München 1966

Lebenslauf:

Am 6. Januar 1940 wurde ich, Jürgen Knapp, als Sohn des Dentalkaufmannes Kurt Knapp und seiner Ehefrau Dr. med. dent. Marianne, geb. Kaps, in Spalt, Kreis Schwabach geboren.

Vom Herbst 1945 an besuchte ich fünf Jahre lang die Volksschule in Spalt. Ab Herbst 1950 bis Ostern 1955 war ich an der Oberrealschule in Ingolstadt. Von Ostern 1955 bis zum Abschluß meiner Schulzeit mit dem Abitur besuchte ich das Realgymnasium in Eschwege.

Mit dem Sommersemester 1961 begann mein Studium der Zahnheilkunde. Im Wintersemester 1963/64 bestand ich das Physikum. Nach dem Sommersemester 1966 legte ich das Staatsexamen ab. Ich habe mein ganzes Studium in Marburg durchgeführt. Seit Januar 1967 war ich als Assistent in verschiedenen Praxen tätig. Ab Oktober 1967 leistete ich meinen Grundwehrdienst als Zahnarzt bei der Bundeswehr.

Meine Approbation zum Zahnarzt erfolgte am 12.22.1966

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Herren
Professoren und Dozenten:

Bommer, Bücher, Dimroth, Dölle, Gedigk, Hensel,
Hering, Heuser, Janke, Koch, Korb, Kottmeyer,
Lang, Mahr, Mann, Marx, Maurath, Niessing, Pantke,
Petry, Pfütz, Rodeck, Rosemann, Salfeld, Schiff,
Schmid, Seidel, Siegert, Streicher, Vogt, Walcher.

